

ひび割れ自己治癒技術の適用による鉄筋コンクリートの疲労抵抗性向上効果の検討

芝浦工業大学 学生会員 ○齋藤 昌久
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

東京大学大学院 学生会員 糸山 豊
 芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

近年、ひび割れが生じたとしても、自らひび割れを治癒する機能を有するコンクリート材料の開発が進められている。現在では、安定したひび割れ部に十分な水分が供給される場合、幅 0.2mm 程度のひび割れならば治癒し、止水性の向上が確認されている¹⁾。

一方、鉄筋コンクリートにおける疲労現象の進行は、繰り返し荷重が作用する際にコンクリートのひび割れ面が摺り磨かれて損傷することが一因である。ひび割れ部に剛性の高い介在物が存在すると、損傷が軽減されるとともに作用荷重による変形量が小さくなることで、疲労抵抗性が向上する。仮に、ひび割れ部に析出する自己治癒生成物に高い剛性が付与できれば、耐疲労性に関しても十分な性能を発揮できると考えられる。

そこで本研究では、ひび割れの自己治癒前後で一軸繰り返し載荷試験を行い、疲労抵抗性の高い自己治癒材料を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

コンクリートの配合を表-1 に示す。止水性について効果が確認されている無機系ひび割れ自己治癒材料(SH)¹⁾を用いて供試体を作成した(SH-47.3)。また、比較用に普通強度のコンクリート(N-47.3)を作成した。自己治癒が期待できる低水粉体比の膨張コンクリート(E-25)、普通コンクリート(N-25)を作成した。示方配合に従いコンクリートを打設し、28日間封緘養生を行った。

2.2 供試体寸法

供試体の寸法を図-1に示す。鉄筋はD16の異形鉄筋を使用した。ただし、E-25はD16のねじふし鉄筋を使用し、供試体両端に鉄製の端板をナットで固定し、供試体の膨張を拘束した。供試体には、ひび割れの導入と保持のために、供試体中央部分にノッチを設けた。

2.3 実験内容

2.3.1 ひび割れの保持方法

ひび割れの開口を模擬するため、養生を完了した供

表-1 コンクリートの示方配合

配合名	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)					(g/m ³)	
		B				S	G	SP
		W	C	E	SH			
① N25	25	175	700	0	0	611	883	7000
② E25	25	175	630	70	0	611	883	7000
③ N47.3	47.3	175	370	0	0	803	968	0
④ SH47.3	47.3	175	333	0	37	803	968	6660

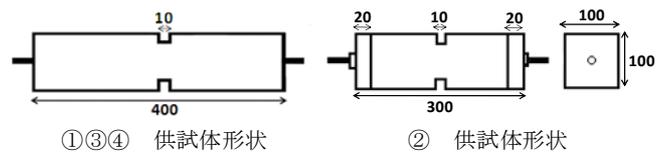


図-1 供試体の形状寸法(単位:mm)

試体にひび割れを導入し、表面ひび割れ幅 0.15mm 程度の比較的大きなひび割れを保持することとした。

ひび割れの保持方法は、曲げ試験機によりひび割れを開口させた状態で、ノッチの幅(10mm)よりも厚い鉄板をノッチ部に挿入し、除荷後にもひび割れが閉塞することなく所定の開口幅が保持できるようにした。

2.3.2 ひび割れ治癒のための養生条件

所定のひび割れ幅を保持した供試体は、ひび割れを自己治癒させるために水中養生を行った。なお、異なる配合のコンクリートによる影響を排除するため配合別に供試体をコンテナ内に静置し、水中養生を行った。養生方法を図-2に示す。Case1,2の違いは、ひび割れ幅を長期的に安定に保ち、疲労による振動の影響を受けない状態を模擬した条件と、析出と疲労を繰り返すことを行うことで、実際の疲労に近い条件の違いである。

2.3.3 載荷条件

載荷試験は、油圧サーボ式強度試験機を用いて供試体の長軸方向に正負交番の繰り返し載荷を荷重制御により行った。載荷サイクル数は±10kNで5回載荷の後、

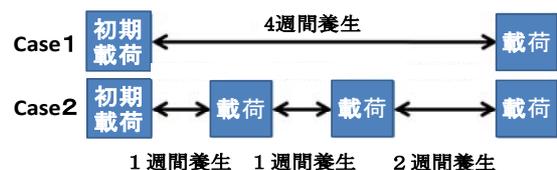


図-2 養生方法

キーワード 自己治癒機能, ひび割れ, 疲労抵抗性, 鉄筋コンクリート,

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 複合材料研究室 TEL03-5859-8358

±30kN で 5 回載荷することとした。その際、ひび割れ幅の挙動を計測するために π 型変位計を、供試体の側面 4 面すべてに設置して計測を行った。計測された値の平均値をひび割れ幅の変位量とした。

3. 実験結果と考察

3. 1 荷重変化によるひび割れ幅の変位

Case 2 で養生を行った供試体を荷重±10kN で載荷試験を行い、荷重-ひび割れ幅の変位量の関係を図-3に示す。図の値は、引張を正、圧縮を負としている。

いずれの供試体も、初期載荷と比較し養生 4 週目で載荷した場合の方が傾きが大きく、剛性が高い事が確認できる。しかし、SH-47.3 は、引張剛性が N-47.3 と比較すると高くなっているが、圧縮領域で N-47.3 と同様な挙動を示しているので圧縮剛性は期待できない。

一方、E-25 は、引張、圧縮ともに他の供試体と比較すると傾きが大きい。しかし、SH-47.3 または N-47.3 と、E-25 の初期載荷時のひび割れの変位量を比較すると、正負ともに小さい。よって、E-25 と SH-47.3 または N-47.3 を同等に比較することができないので、一概には剛性が高いとは言えない。

3. 2 サイクル数の増加による振幅比の変化

Case 1, 2 ともに、初期載荷を行った後に図-2に示す養生と載荷試験を行った。荷重±30kN 時のひび割れ幅の変位量を算出し、絶対値をとり合計した値を振幅とした場合、前述のように E-25 のひび割れの変位量が小さいので、E-25 と他の供試体とでは算出した振幅に大きな違いがある。そこで、養生 4 週間で載荷を行った値で算出した振幅を、初期載荷で算出した振幅で除した値を振幅比とした。この振幅比とサイクル数の関係を図-4に示す。

振幅比が小さいものは、養生による治癒効果が高い。また、ひび割れ部に自己治癒生成物が析出していれば、繰り返し載荷を行ったとしても析出物がひび割れ部に残留して振幅は減少するものと考えられる。

供試体別に振幅比を比較すると E-25 が一番小さい。また、図-3では析出物が高い剛性を付与していると判断出来なかったが、他の供試体に比べて振幅比が小さいため、高い剛性を付与していると考えられる。Case 1, 2 の振幅を比較すると、ひび割れ幅を長期的に安定に保ち自己治癒機能を発揮できた Case 1 の方が小さい結果が得られた。

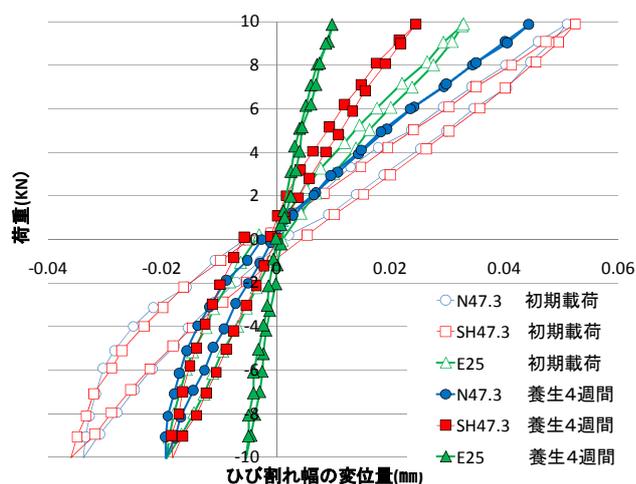


図-3 荷重-ひび割れの変位量の関係

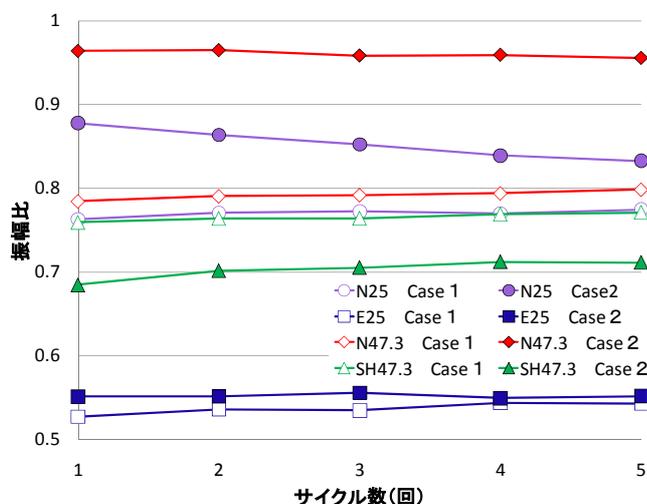


図-4 振幅比-サイクル数の関係

4. まとめ

本研究から得られた成果を以下にまとめる。

- (1) ひび割れ自己治癒コンクリート (SH-47.3)は止水性を目的としているため、ひび割れ部の析出物の剛性は低いですが、引張剛性には期待出来る可能性が示唆された。
- (2) 本研究で使用した材料の中で、低水粉体比の膨張コンクリート (E-25) は疲労抵抗性の向上が期待できる材料であることが分かった。

謝辞

本研究の実施には、平成21年度 道路政策の質の向上に資する技術研究開発研究 (FS課題) の支援を得た。

参考文献

1) 安台浩：ジオマテリアルを含有した自己治癒コンクリートの開発に関する研究(ひび割れを有するコンクリートでの自己治癒メカニズムとその挙動) 東京大学博士学位論文, 2008. 3